

Markéta_KOZÁKOVÁ¹

**METODIKA PRO STANOVENÍ ZMĚN TEPELNÝCH ZTRÁT
PŘI ZMĚNÁCH TVARU OBJEKTU**

**METHODOLOGY FOR CHANGES IN HEAT LOSS DETERMINATION
ON CHANGES IN THE SHAPE OF THE OBJECT**

Abstrakt

Tvar domu významně ovlivňuje jeho energetickou náročnost. Pro běžnou projekční praxi ve fázi návrhu dosud není stanoven ověřený teoretický podklad pro posouzení závislosti změny tepelných ztrát objektu na tvaru a velikosti objektu běžných rodinných domů.

Navržené řady objektů mají funkci etanolů, se kterými se mají porovnávat konkrétní případy přesnými výpočty, ale etanoly předem vymezují s dostatečnou pravděpodobností užší oblast, v jaké se realita bude pohybovat.

Klíčová slova

Tvar objektu, tepelné ztráty, konstrukce.

Abstract

The shape of the house significantly affects its energy intensity. For general design has not yet been established proven theoretical basis for assessing changes in heat loss, depending on the shape of the object and the object size normal family home.

The proposed series of ethanol to function with which to compare the specific cases of precise calculations, but the ethanol pre-defined with a reasonable probability region closer to what the reality will move.

Keywords

Object shape, heat loss, construction.

1 ÚVOD

Tvar domu významně ovlivňuje jeho energetickou náročnost. Dnešní ekonomickou nutností v oblasti navrhování domů je snížení energetické náročnosti budov tak, aby spotřeba byla minimální, ale optimální vzhledem ke stavebním nákladům a provozu objektu. K tomu účelu jsou stanoveny třídy energetické náročnosti budov, podle kterých je optimální stupeň C pro kvalitu minimálně vyhovující. Kompaktní budova, především bez různých výstupků, má menší poměr ochlazovaných ploch k její užitému půdorysné ploše a k jejímu objemu. Každá členitost obvodového pláště tento podíl zvyšuje a nadto přibývají detaily v obvodovém plášti zvyšující riziko vzniku tepelných mostů.

Podle průzkumu, který provedla Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States tvoří spotřeba energie v obytných domech téměř 40 % celkové spotřeby energie v rámci EU a je tak jejím největším podílem.

¹ Ing. Markéta Kozáková, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 916, e-mail: marketa.kozakova@vsb.cz.

Tab. 1: Průměrná roční spotřeba energie u rodinných domů

Druh budovy	Spotřeba energie (kWh/m ²)
Staré domy	269
Staré, částečně renovované domy	197
Nově renovované domy	74 – 113
Nově postavené domy	74 – 113
Energeticky pasivní domy	3

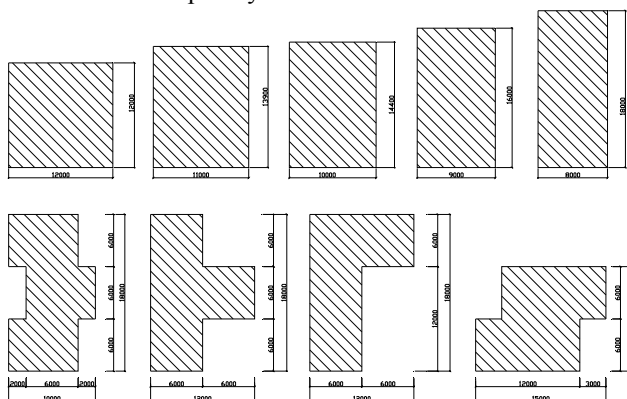
Hlavním cílem metody, o které tento článek referuje, je stanovit závislost změny tepelných ztrát objektu na tvaru a velikosti objektu při zachování minimálních předepsaných tepelně technických vlastností samostatně stojícího rodinného domu. Podmínkou pro výpočet je konstrukční řešení objektu, které odpovídá kategorii energetické náročnosti C – vyhovující a požadavkům normy ČSN 730540 [1]. Vytvořená metoda bude sloužit jako ověřený teoretický podklad pro posouzení závislosti změny tepelných ztrát objektu na jeho tvaru a velikosti pro běžnou projekční praxi již ve fázi návrhu.

2 TVARY OBJEKTŮ

V realizaci jsou nejčastější uzavřené obdélníkové tvary, ale velmi často s různými výstupky. Další obměny tvarů využívají půdorysnou plochu rozvrženou do křídel, jak je patrné z vybraných modelů na obr. 1.

Běžné tvary objektů jsou vybrány z typových katalogů samostatně stojících rodinných domů (Porotherm, Velox, Durisol, Ytong). Objekty jsou zpravidla navrženy jako jednopodlažní a dvoupodlažní. Minimální zastavěná plocha jednopodlažního objektu je 144 m², pokud jde o více podlažní objekty, zastavěná plocha je větší o prostory schodiště.

Základní tvary etalonů jsou uvedeny na obr. 2 a jejich tvary jsou schematizovány do pěti typů řad podle růstu velikosti ochlazované plochy.



Obr. 1: Tvary běžných rodinných domů o ploše 144 m²

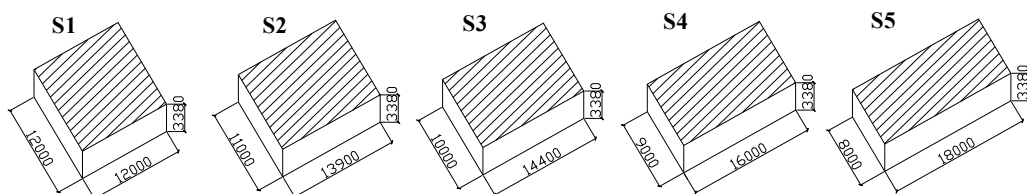
3 STANOVENÍ VÝPOČETNÍCH STANDARDŮ

3.1 Rozměry a objemy objektů

Etalony jsou navrženy v teoretické povaze, aby jejich použitelnost měla obecnou platnost. Pro výpočet tepelných ztrát a k tomu návrh pro případné úpravy konstrukcí (pláště, zastřešení a podlahy na terénu) není v jejich řadě rozhodující tvar objektu, ale jen rozsah ochlazovaných ploch. Tvar se proto redukuje na pravoúhlé čtyřúhelníky s pravidelně stupňovitými rozměry podle celkové zastavěné plochy a podle počtu podlaží. Výchozím objektem je zvolen objekt o půdorysné ploše

144 m² (12x12 m) a o jednom nadzemním podlaží. Objekt je následně navržen v dalších čtyřech stupních v poměru stran 1:2 (11,09x13 m), 1:4 (10x14,4 m), 1:8 (9x16 m) a 1:2,2 (8x18 m) s odchylkou $\pm 1,6\%$ podle obr. 2.

Standardní konstrukční výška podlaží je včetně stropní a podlahové konstrukce a při minimálním zaokrouhlení pro jednoduchost pro výpočet etalonů stanovena 3 m a uvažovaná konstrukce střechy v tloušťce 0,380 m tj. stropní konstrukce a veškeré další konstrukce střešního pláště. Střecha je pro všechny řady etalonů uvažována vždy plochá. Pro variantu jednopodlažního objektu je výška 3,380 m.



Obr. 2: Základní tvary etalonů

3.2 Kategorie energetické náročnosti

Zásadním požadavkem je, aby objekt odpovídal kritériu kategorie C. Etalon je navržen na minimální hodnotu klasifikačního ukazatele $CI \leq 1$ podle tab. 2

Ve výpočtu energetické náročnosti se uvažuje také potřeba energie na vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, větrání a osvětlení. V tomto řešení se nebudou tyto potřeby uvažovat, ale kritérium bude sníženo o standardní podíl na ně. Větrání je navrženo přirozené. Rovněž nebude uvažována spotřeba energie na výrobu použitých stavebních hmot apod.

Tab. 2: Minimální hodnoty klasifikačních tříd Energetického štítku obálky budovy

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace	Klasifik. ukazatel CI
A	Velmi úsporná	$\leq 0,3$
B	Úsporná	$\leq 0,6$
C	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	Velmi nehospodárná	$\leq 2,5$
G	Mimořádně nehospodárná	$\geq 2,5$

K vyjádření míry energetické úspornosti slouží pak Energetický štítek obálky budovy – ESOB, který zavedla ČSN 730540-2/2002 (Tepelná ochrana budov – Část 2 : Požadavky). ESOB nepracuje již s měrnou spotřebou tepla, ale se součiniteli prostupu tepla. V novele této normy z roku 2007 je zjednodušené hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy průměrnými hodnotami vypočteného součinitele prostupu tepla U_{em} udávaným ve $[Wm^{-2}K^{-1}]$, požadovaného normového součinitele prostupu tepla $U_{em,rq}$ a součinitele prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$.

3.3 Ostatní dané a zvolené standardy

a) Klimatické podmínky zimní

Klimatické pásmo podle ČSN 730540-3 příloha H je zvoleno pro teplot. oblast II tj. – 15 °C.

b) Vnitřní dispozice objektu

Vnitřní členění prostorů v objektu není rozhodující, neboť tepelné ztráty souvisí pouze s plochami obálky objektu jako celku.

c) Okenní a dveřní otvory

Podle empirických pravidel se uvažuje 10-15 % podlahové plochy. Pro výpočet je brána plocha zasklení 15 % z teoretické vnitřní půdorysné plochy v každém podlaží tj. 21,6 m².

V 1. NP jsou uvažovány jedny vstupní dveře.

Tepelně izolační vlastnosti výplní otvorů jsou převzaty podle standardního typu plastových oken a dveří se zdvojeným zasklením v minimální předepsané, nebo v obvyklé hodnotě tepelné propustnosti. Podle požadavků normy je tato hodnota $U=1,4$ [Wm⁻²K⁻¹] ($U_{req}=1,7$ [Wm⁻²K⁻¹]).

d) Teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu

V etanolu se uvažuje jednotná teplota 20 °C optimální pro obytné prostory a relativní vlhkost v interiéru 50 % z důvodu pohody vnitřního mikroklima.

e) Konstrukce

fa) Obvodové stěny

Obvodové stěny jsou v systému Porotherm P+D tloušťky 440 mm, s vnější univerzální omítkou + tepelně izolační omítkou tl. 35 mm a vnitřní univerzální omítkou tl. 10 mm. Hodnota součinitele prostupu tepla je $U=0,34$ [Wm⁻²K⁻¹] ($U_{req}=0,38$ [Wm⁻²K⁻¹]).

fb) Podlaha na terénu

Podlaha na terénu je pro etalon navržena ze šterkového podsypu tl. 100 mm, podkladového betonu tl. 100 mm, izolace proti vodě, tepelné izolace z pěnového polystyrenu tl. 60 mm, separační vrstvy, betonové mazaniny tl. 50 mm a podlahové krytiny tl. 2 mm. Hodnota součinitele prostupu tepla je $U=0,44$ [Wm⁻²K⁻¹] ($U_{req}=0,45$ [Wm⁻²K⁻¹]).

fc) Střešní plášť

Skladba střešní konstrukce etalonu je tvořena železobetonovou stropní konstrukcí tl. 200 mm, penetračním asfaltovým nátěrem, parozábranou z asfaltového pásu, spádové izolační desky o minimální tloušťce 180 mm a vrchním modifikovaným asfaltovým pásem. Hodnota součinitele prostupu tepla je $U=0,23$ [Wm⁻²K⁻¹] ($U_{req}=0,24$ [Wm⁻²K⁻¹]).

fd) Okna

Okna jsou navržena klasická plastová pětikomorová s izolačním dvojsklem, součinitel prostupu tepla $U_w = 1,4$ [Wm⁻²K⁻¹] při zasklení $U_g = 1,1$ [Wm⁻²K⁻¹] ($U_{req}=1,7$ [Wm⁻²K⁻¹]).

g) Tepelné mosty

Tepelné mosty nejsou uvažovány. Předpokládá se, že konstrukce je navržena a provedena odborně, bez vad v tomto smyslu, a technologicky nutné tepelné mosty jsou v tak malém rozsahu, že neovlivňují výpočty teoretického objektu v míře, kterou by bylo nutno brát v úvahu.

h) Kondenzace vodní páry

U všech v etalonu navržených konstrukcí je zajištěno, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry jak na vnitřním povrchu, tak kdekoli uvnitř konstrukční skladby. Předpokládá se, že ve skutečné realizaci bude také zabráněno kondenzaci vodních par.

i) Orientace ke světovým stranám

Orientace ke světovým stranám není v tomto případě uvažována. Jednotlivé stupně etalonu jsou posuzovány na základě poměru ochlazovaných ploch k jejich užitému půdorysné ploše a k jejich objemu, nikoliv podle spotřeby energie na vytápění a tudíž je i vliv tepelných zisků nepodstatný.

4 KRITÉRIA POSOUZENÍ

Posouzení je provedeno podle současných platných norem a vyhlášek:

- ČSN 730540 Tepelná ochrana budov. Český normalizační institut, Praha,
- ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu,

Pro výpočet jsou použity nástroje Tepelné ztráty a Teplo ze softwaru Stavební fyzika (2009) pro svou dostupnost.

Ověření nejnižších normou předepsaných hodnot pro kategorii C (klasifikačním ukazatelem $CI \leq 1$), výpočet tepelných ztrát budovy a výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy jsou provedeny výpočtním programem Tepelné ztráty.

Tepelně technické vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou ověřeny v nástroji Teplo.

Základní vstupní hodnoty pro posouzení v programu Ztráty:

Okrajové podmínky: Návrhová venkovní teplota v zimním období $T_e = -15^\circ\text{C}$

Návrhová vnitřní teplota $T_a = 20^\circ\text{C}$

Průměrná roční teplota venkovního vzduchu $T_{em} = 8,3^\circ\text{C}$

Geometrie budovy: Plocha podlahy A_p je stejná pro všechny varianty, a to 144 m^2

Exponovaný obvod podlahy P pro jednotlivé stupně:

$P_{S1} = 48\text{ m}$, $P_{S2} = 48\text{ m}$, $P_{S3} = 48,8\text{ m}$, $P_{S4} = 50\text{ m}$, $P_{S5} = 52\text{ m}$

Obestavěný prostor vytápěných částí budovy $V = 486,72\text{ m}^3$

Pro posouzení Energetického štítku obálky budovy se použije průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$, který se stanoví ze vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad (1)$$

kde:

H_T je měrná ztráta prostupem tepla stanovená ze součinitelů prostupu tepla všech tepломěrných konstrukcí tvořících obálku budovy,

A je plocha obálky budovy.

5 VYHODNOCENÍ TVARŮ OBJEKTŮ

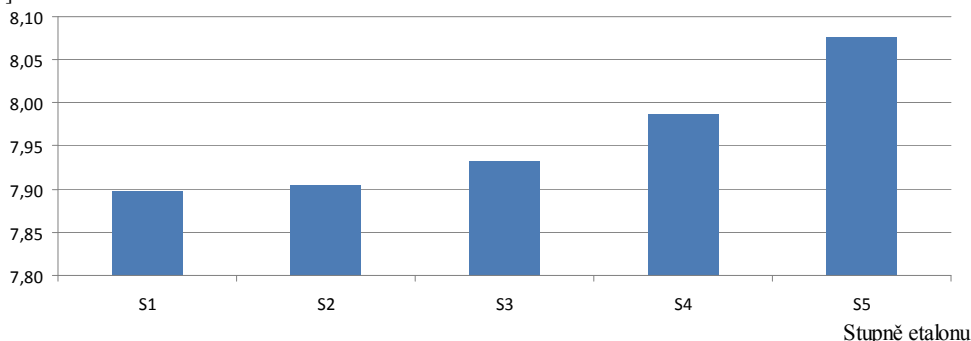
5.1 Průměrný součinitel prostupu tepla

Hodnota průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} je totožná pro všechny stupně etalonů, a to $U_{em} = 0,31 [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$. Klasifikační ukazatel Energetického štítku obálky budovy je $CI = 0,7$ a etalon je tudíž zařazen do klasifikační třídy C1 – vyhovující.

5.2 Celkové tepelné ztráty

Vzájemná souvislost tepelných ztrát $F_{i,HL} [\text{kW}]$ na jednotlivých stupních etalonu při zachování minimálních předepsaných tepelně technických vlastností samostatně stojícího rodinného domu je patrná z grafu 1. S narůstající změnou původní čtvercové plochy v postupně se prodlužující obdélník vzrůstá i obvodová ochlazovaná plocha objektu a s ní také tepelné ztráty objektu.

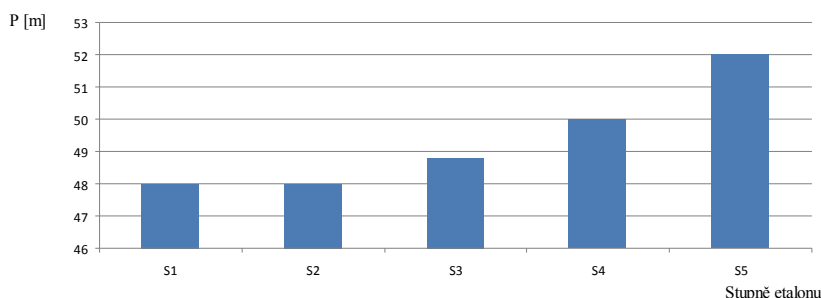
$F_{i,HL} [\text{kW}]$



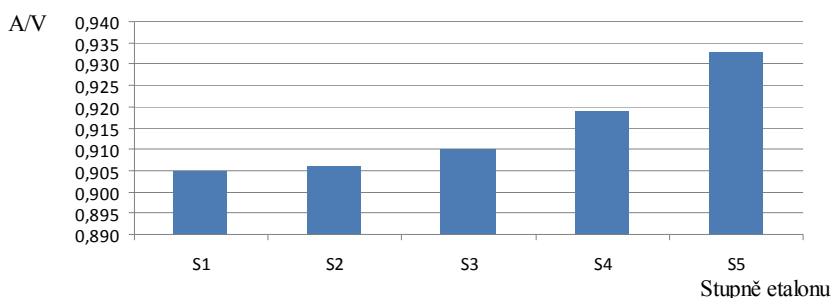
Graf 1: Závislosti tepelných ztrát $F_{i,HL} [\text{kW}]$ na stupních etalonu

5.3 Faktor A/V a velikost exponovaných ploch

Vzájemná závislost půdorysné plochy podlahy objektu A_p [m²] a velikosti exponované podlahové plochy P [m] a tedy i následné plochy obálky budovy A [m²] má prokazatelný vliv jak na tepelné ztráty objektu $F_{i,HL}$ [kW], tak i na faktor A/V znázorněný na grafu 3. Na grafu 2 je znázorněn růst exponované podlahové plochy na jednotlivých stupních etalonu při zachování stejné plochy půdorysu.



Graf 2: Závislosti exponovaného obvodu podlahy P [m] při ploše $A_p=144$ m²



Graf 3: Závislosti faktoru A/V na stupních etalonu

5 ZÁVĚR

Tento článek referuje o návrhu na vytvoření etalonů pro orientační posouzení vlivu tvaru objektu na tepelné ztráty obalovým zdívkem při zachování stejné zastavěné plochy u jednopodlažních rodinných domů. Jednak prokazuje velký vliv půdorysného tvaru, jednak prokazuje praktický smysl vytvoření etalonů zejména v případech, kdy je předem stanoveno, jaké klasifikační kvality musí být dosaženo.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov, Část 2 - Požadavky, Část 3-Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování*, Praha: Český normalizační institut, 2005. 48s.
- [2] Vaverka J. a kol. *Stavební tepelná technika a energetika budov*, Brno: Vutium, 2006, ISBN 80-214-2910-0
- [3] Program Teplo 2009 a Tepelné Ztráty 2009, firma K-CAD Praha s.r.o., autor Dr. Ing. Zbyněk Svoboda
- [4] Kubeckova Skupinová D., Kubenkova K. *Snižování energetické náročnosti budov, udržitelná výstavba*, Polska Akademia Nauk, oddział w Katowicach, Komisja Inżynierii Budowlanej, Roczniki Inżynierii Budowlanej, Zeszyt 6, Katowice-Opole 2006, ISSN 1505-8425, str.117-25

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Miloš Kalousek, Ph. D., Ústav pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Katedra konstrukcí pozemních staveb, FAST, ČVUT v Praze.